

Über das Zählvermögen der Fische

mit 7 Abbildungen

Inauguraldissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Ludwig-Maximilians-Universität

München

Vorgelegt

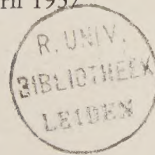
von

ANGELA ROSSMANN

aus

Gauting

April 1957

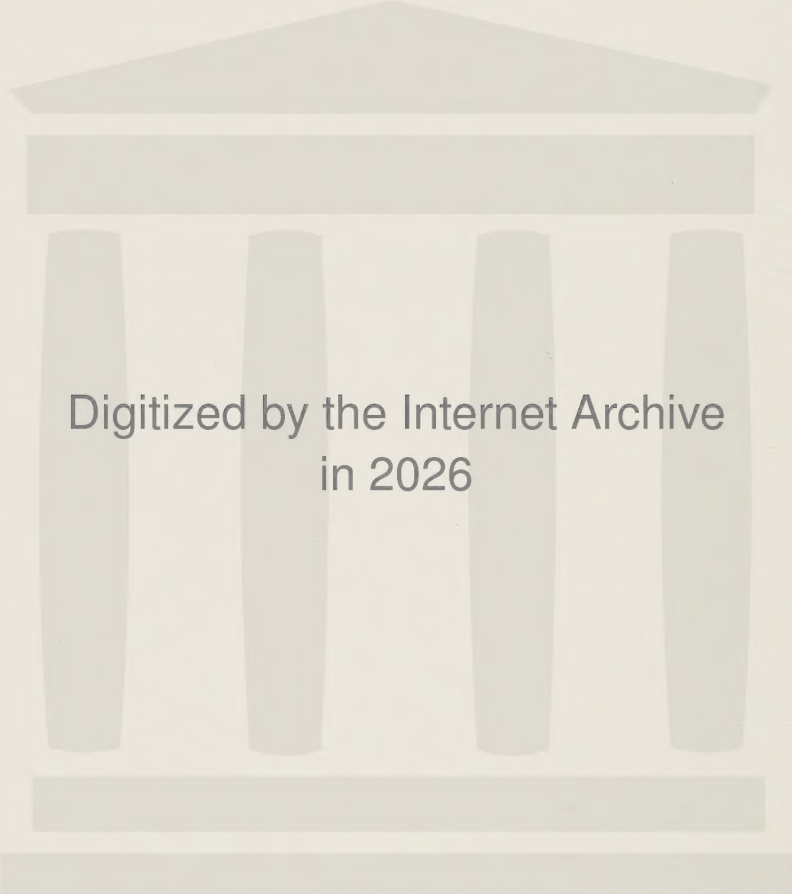


Tag der mündlichen Prüfung: ³¹26. Juli 1958⁷

Referent: Professor Dr. Karl von Frisch

Veröffentlicht in „Zeitschrift für Tierpsychologie“, Band 16, Heft 1, S. 1 bis 18 (1959).
Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg

Meinen Eltern gewidmet



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Zoologischen Institut der Universität München

Über das „Zähl“-Vermögen der Fische

Von ANGELA ROSSMANN

Mit 7 Abbildungen

Eingegangen am 17. März 1958

Inhalt: Einleitung S. 1. — Methode und Versuchstiere S. 1. — I. Versuche zum ersten, simultanen Grundvermögen, „Anzahlen zu sehen“: 1. Ködergruppen, a) Spontanversuche S. 3, b) Dressuren S. 5, 2. Gruppen aus Marken S. 8, 3. aus Artgenossen S. 9. — II. Zweites, successives Vermögen, „Anzahlen abzuhandeln“: 1. Handeln auf x Köder S. 10, 2. auf x Tonsignale S. 12. — Erörterung S. 15. — Zusammenfassung S. 16. Summary S. 16. — Literaturverzeichnis S. 17.

Einleitung

O. KOEHLER versteht unter „Zählen“ bei Tieren die Fähigkeit, „Anzahlen sinnlich zu erfassen“, und teilt es in 2 Grundvermögen ein: „Das erste, simultane Vermögen gestattet, gleichzeitig nebeneinander gesehene Mengen allein nach der Anzahl ihrer Glieder zu unterscheiden, kurz, Anzahlen zu sehen“; das zweite, successive Vermögen, „im zeitlichen Nacheinander Ereignisfolgen nach der Anzahl ihrer Glieder zu schätzen, kommt dem menschlichen Zählen schon deutlich näher“.

KOEHLER und seine Mitarbeiter W. ARNDT, H. BRAUN, M. HASSMANN, E. MAROLD, O. MÜLLER, U. SAUTER, K. SCHIEMANN, R. WACHHOLTZ, P. LÖGLER und O. SANDRING haben an 7 Vogelarten und an Eichhörnchen nach sehr verschiedenen Methoden übereinstimmend ein derartiges „Zähl“-Vermögen festgestellt. Das simultane wie das successive Vermögen haben beide die gleiche obere Grenze: bei der Taube 5, bei Dohle und Wellensittich 6, bei Kolkkrabe, Elster, Graupapagei, Amazone und Eichhörnchen (sowie beim Menschen) 7, — ein Graupapagei erreichte schließlich successiv sogar 8. Weiterhin gelangen Dressuren, in denen das simultane und successive Vermögen miteinander kombiniert waren, die Tiere also „gesehene Anzahlen abhandeln“, bzw. „abgehandelte Anzahlen“ auch sehen lernen mußten. Auch hier wurde bestenfalls bis 7 „gezählt“. Doch zeigten die Tiere keinerlei Zahleneinsicht. „Jede „Zähl“-Aufgabe mußte neu erlernt werden, Rückdressuren auf eine früher bereits beherrschte Aufgabe waren schwerer als der erste Lernakt“ (1941).

E. KÜHNS Rhesusaffe (1953) unterschied simultan 13 : 12 Punkte sicher und 14 : 13 ziemlich sicher.

H. J. HAGER (1938) berichtet über Versuche mit dressierten Elritzen, bei welchen die Unterscheidung von „strukturgleichen, zahlenmäßig differenzierten optischen Signalen“ geprüft wurde. Die Fische lernten verschieden Zahlige vertikale bzw. horizontale Balkenmuster unterscheiden. In darauffolgenden Proben verbreiterte oder verlängerte HAGER die Balken in beiden Dressursignalen oder nur in einem, aber nicht viel. Wenn die Fische auch dann noch richtig wählten, so kann man daraus noch kein „Zähl“-vermögen erschließen. Dazu wäre ein ständiger, viel stärkerer Wechsel der Balkenanordnung und -größen nötig gewesen, so wie KOEHLER (1941) z. B. beim Kolkkraben die „Punkte“ variierte.

K. HERTER verwendete in ähnlichen, nicht sehr zahlreichen Versuchen an Blicken immer die gleiche Figurenanordnung, so daß auch hier Rückschlüsse auf ein „Zähl“-vermögen nicht möglich sind.

Auf Anregung von Professor K. v. FRISCH habe ich die Frage in Simultan- und Successiv-Versuchen an Fischen eingehend geprüft.

Methode und Versuchstiere: Im Verlauf von 3 Jahren wurden rund 18 000 Dressurversuche verschiedener Art, sowie vielerlei Spontanversuche durchgeführt. Dabei sollten Einheiten zum Zählen geboten werden, welche die Fische möglichst von Natur aus ansprechen. War das nicht möglich, so mußten Einheiten von artfremden Dingen neben solchen geboten werden, die das Interesse auf dieselben lenkten.

Es standen $22 \times 43 \times 8$ bis 18 cm „große“ und $10 \times 27 \times 10$ cm „kleine“ Aquarien auf Gestellen in einem nicht sehr hellen, diffus beleuchteten Raum und waren auf 3 Seiten, meist außen, mit Papier verklebt. Sie hatten entweder keine Inneneinrichtung oder waren in einen

hinteren „Wohnraum“ und einen vorderen „Versuchsraum“ unterteilt; dazwischen war eine verschließbare Tür (Abb. 1). Die Fische wurden für gewöhnlich einzeln gehalten und dressiert.

Das Futter, meist weizenkorngroße Stückchen Regenwurm, bot ich vom Futterteller, einem viereckigen Bleirahmen mit je zwei einander gegenüberliegenden Doppelnuten (Abb. 2) zum Einschieben zweier glasklarer Zelluloidblättchen; das hintere hat fein gebohrte Löcher zum Einklemmen der Köder, die beim Verschieben der Vorderscheibe sichtbar bleiben, aber unerreichbar werden.

Als Versuchsfische wählte ich Elritzen (*Phoxinus laevis* Ag.), Stichlinge (*Gasterosteus aculeatus* L.), Zwergwelse (*Ameiurus nebulosus* Lesueur), Rotfedern (*Scardinius erythrophthalmus* L.) und einen Aitel (*Squalius cephalus* L.). Wenn ein Fisch krank wurde, brach ich die Reihe ab oder berücksichtigte die Störung.

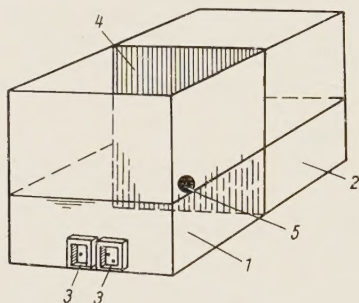


Abb. 1. Versuchsanordnung: Eine undurchsichtige, von einer Türöffnung (5) durchbohrte Wand (4) teilt das Aquarium in Wohn- und Versuchsraum (1 u. 2); an der vorderen Aquariumwand stehen 2 versuchsbereite Futterteller (3)

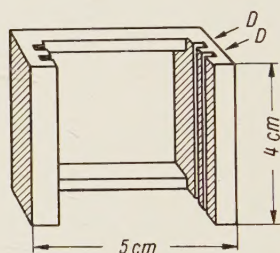


Abb. 2. Futterteller: ein viereckiger Bleirahmen mit je 2 einander gegenüberliegenden Doppelnuten (D) zum Einschieben zweier glasklarer Zelluloidblättchen

Zahlergebnisse wurden nach den „Graphischen Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen“ von S. KOLLER (1943) statistisch möglichst abgesichert.

An dieser Stelle möchte ich noch besonders meinem verehrten Lehrer, Professor K. v. FRISCH, für die Anregung zu dieser Arbeit und für seine vielfache, großzügige Unterstützung danken, sowie meinem Vater für viele technische Hilfen.

I. Versuche zum ersten, simultanen Grundvermögen, „Anzahlen zu sehen“

1. Versuche mit Ködergruppen

Methode: Die Versuchsfische, nämlich 5–11 cm lange Elritzen, 4–7 cm lange Stichlinge, 8–11 cm lange Rotfedern und ein 6 cm langer Aitel lebten in großen Aquarien mit Wohn- und Futterraum (Abb. 1). Zum Spontanversuch stellte ich 2 Futterteller (Abb. 2) nebeneinander mit verschiedenen vielen Ködern symmetrisch der Türe gegenüber an die vordere Aquariumswand (Abb. 1), öffnete die Tür und beobachtete bewegungslos aus dem Hintergrund. Meist steuerte der Fisch zur größeren Menge (Zahl); wenn er keinen Mengenunterschied erkennen konnte, wählte er zufallsgemäß jeden von beiden gleich oft. Das Futter war auf beiden Tellern frei zugänglich.

Vor Dressurbeginn sollten Spontanwahlen darüber entscheiden, ob die Fische 1. viele Brocken einem einzelnen, 2. die größere Gruppe der kleineren vorziehen, 3. ob dichte, enge Lage der Brocken anzieht oder nicht, 4. ob und wie weit verschiedene Brockengrößen beachtet werden, und 5. ob die Köderanzahl oder -größe stärker anlockt.

Danach sollte der Fisch auf eine bestimmte Brockenzahl *dressiert* werden. Die beiden Futterteller trugen verschiedene Brockenanzahlen, aber vor der verbotenen Zahl stand die durchsichtige Vorderscheibe. Nur wenn er zuerst zum erlaubten Teller schwamm, welchen ich abwechselnd, jedoch nicht ganz regelmäßig rechts und wieder links bot, zählte die Wahl als richtig, und durfte er einen bis mehrere Brocken fressen, bevor er wieder in den Wohnraum getrieben wurde.

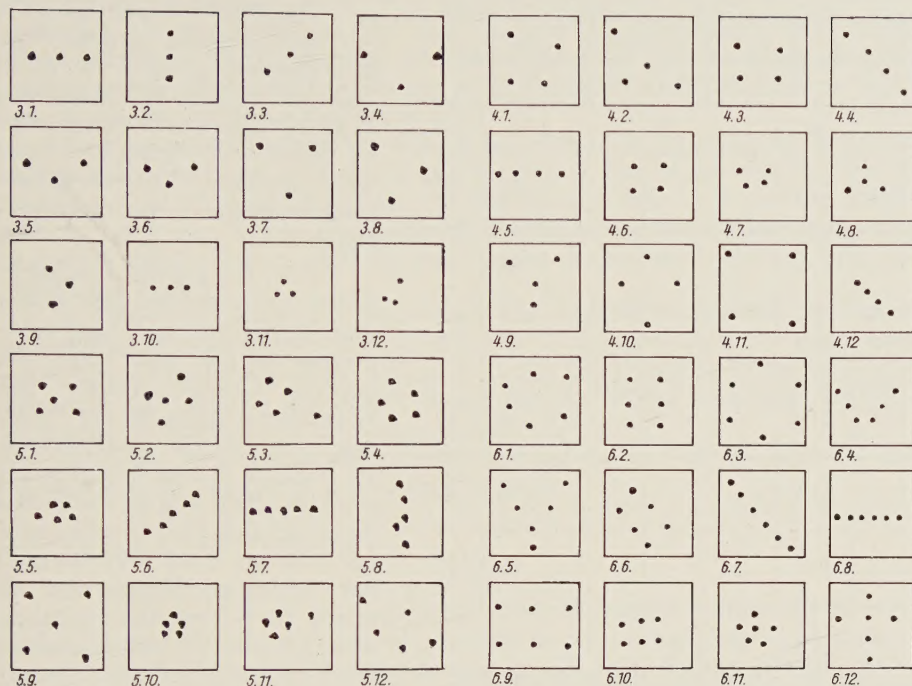


Abb. 3. Beispiele für typische Anordnungen a) bei 3 und 5 Ködern, b) bei 4 und 6 Ködern. Unten links die Nummer der Anordnung. Maßstab 1:3

Um eine ungewollte Dressur auf bestimmte Köderanordnungen zu vermeiden, benützte ich in den Spontan- und Dressurversuchen für die Zahl 1 etwa dreißig, für 2 fünfzig und für 3, 4, 5, 6 hundert möglichst verschiedenartig durchlöcherzte Zelluloidscheiben (Abb. 3 a, b). Die Löcher wiesen dabei einen Abstand von 2 mm bis 3,3 cm von einander auf und ergaben ganz enge bis sehr weite, regelmäßige bis völlig unregelmäßige Figuren. Diese Figuren wechselte ich in den Proben gewöhnlich nach jedem Versuch und auch sonst häufig (S. 6/7), wobei ich darauf achtete, daß eine unbeabsichtigte Dressur auf enge, weite, regelmäßige oder unregelmäßige Anordnung auf einem der beiden Teller nicht möglich war. — Wo nichts Besonderes erwähnt ist, waren alle jeweils gebotenen Brocken gleich groß und gleich aussehend.

Um festzustellen, ob die Zelluloidscheibe als solche die Wahlen beeinflusste, bekamen in Kontrollversuchen beide Teller oder keiner die Vorderscheibe. Zur Geruchskontrolle verduftete ich den verbotenen Teller mit Regenwurmsaft.

Es wurden 1 bis höchstens 50 Versuche an einem Tag gemacht, im Abstand von mindestens 5 Minuten. Ruhetage waren häufig.

a) Spontanversuche

5:1; 3:1; 2:1. In 408 Versuchen bot ich auf einem Teller einen Köder und auf dem anderen deren 2 oder 3 bzw. 5. Die Fische bevorzugten in rund 70% aller Fälle die Gruppe (Tab. 1), und zwar indem sie sichtlich wählten: entweder schossen sie gleich von der Tür zur Gruppe, oder sie näherten sich ihr im Zickzack, indem sie bald vor dem einen, bald vor dem anderen Teller anhielten, als verglichen sie. Zur Gruppe schwammen sie lebhaft, zum einzelnen Köder meist weniger entschieden. Aber wie groß die Gruppe war, das änderte ihre Beliebtheit nicht, wenn es nur mehr Köder waren als einer.

Tab. 1. n Spontanversuche (erste Säule) an N Fischen; Wahl der Gruppe in Prozent = + %

	n	N	+ %
5:1	243	14	69
3:1	65	9	75
2:1	100	9	70
	408		70

Tab. 2. n Spontanwahlen derselben N Fische wie in Tab. 1 an 2 verschieden großen Gruppen (erste Säule); Gruppendichte = D; Verhältnis der Köderabstände in beiden Gruppen = V

	D	V		n	+	%
3 : 2	1 : 1	•	•	80	73	
		• •	•			
5 : 3	1 : 1	• • •	• •	50	58	
		• •	•			
3 : 2	2 : 3	•	•	50	76	
		• •	•			
5 : 3	2 : 3	• • •	• •	30	70	
		• •	•			
3 : 2	2 : 1	•	•	130	48	
		• •	•			
5 : 3	3 : 2	• • •	• •	30	27	
		• •	•			

Anschließend bot ich zwei verschieden große Gruppen nebeneinander, nämlich 3 : 2 in 260, und 5 : 3 in 110 Versuchen (Tab. 2). Alle Köder einer Gruppe waren voneinander gleich weit entfernt. Die Gruppendichte wechselte mit der Aufgabe.

3 : 2. Bei gleicher Gruppendichte unterschieden die Fische dies Verhältnis gut, und mindestens ebenso gut, wenn die größere Gruppe dichter lag. War aber umgekehrt die Zweiergruppe 1,5- bis 2mal dichter, so wurden 2 und 3 gleich oft gewählt. Bald zog es die Fische dann zur dichteren Gruppe, bald zur höheren Zahl. Der Wechsel der Köderanordnung, den ich alle 1 bis 5 Versuche vornahm, hatte keinen kontrollierbaren

Einfluß auf die Wahl: ebensowenig war ein solcher beim Angebot der Dreiergruppe als Linie oder Dreieck zu beobachten.

Vergleichen wir alle Versuche mit 3 und 2 Ködern, so waren in den Versuchen der ersten Reihe die Abstände nächstbenachbarter Köder in beiden Gruppen gleich groß, wie es das Anordnungsbeispiel zeigt; in der dritten Reihe waren die Abstände der kleineren Gruppe anderthalbmal größer als die der größeren; in der fünften Reihe hatte umgekehrt die kleinere Gruppe doppelt so enge Abstände wie die größere, und so fort. Die Abstände wechselten von 3 mm bis zu 3 cm.

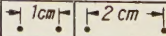
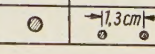
5 : 3 wurde nicht mehr unterschieden. Waren beide Gruppen gleich dicht, so schwammen die Fische zu beiden Tellern etwa gleich oft, weder die höhere Brockenzahl, noch die größere Flächenbedeckung der Fünfergruppe beachtend. Offenbar waren diese nicht wichtig für sie. Sobald aber der Köderabstand auf den Tellern verschieden war, bevorzugten sie die dichtere Gruppe, selbst wenn es die kleinere war und wenn sie eine wesentlich kleinere Fläche bedeckte.

Dichte gegen weite Anordnung: Als ich zwei nahen Ködern zwei mit größerem Abstand gegenüberstellte, wählten 15 Fische in 75 Versuchen zu 68% die dichteren (Tab. 3, Zeile 1), wenn auch etwas unentschieden. Auch bei 5 : 3 hatte die größere Dichte den Ausschlag gegeben.

Großer gegen kleinen Köder: In weiteren 75 Versuchen¹⁾ (Tab. 3, Zeile 2) wurde

¹⁾ Davon sind 40 Versuche aus den beiden auf S. 7 erwähnten Versuchsreihen entnommen.

Tab. 3. n Spontanversuche an N Fischen; Mengenverhältnis = M; Anordnung = A; Wahl der links dargestellten Anordnung = + %

M	A	n	N	+	%
1 : 1	 1 cm	75	15	68	
1 : 5 (bzw. 8)		75	16	86	
1 : 2		50	1	80	
1 : 1,5		50	1	60	
1 : 1	 1.3 cm	75	7	81	

16 Elritzen ein kleiner gegen einen dem Volumen nach 5- bis 8mal größeren geboten. Letzterer wurde so auf dem Futterteller ausgebreitet, daß er auch flächenmäßig 5- bis 8mal mehr war. Die Fische wählten so entschieden, wie sonst nirgends, und zwar in 86% der Fälle den größeren Brocken. Meist schossen sie von der Tür weg direkt dorthin.

Eine besonders brauchbare Elritze bevorzugte in weiteren 50 Versuchen 40mal auch einen nur doppelt so großen Köder fast ebenso entschieden wie vorher den 5mal so großen (Tab. 3, Zeile 3). Aber bei einem nur um andert-halbmal so großen in den folgenden 50 Versuchen war die Vorliebe nicht mehr statistisch sicher (Tab. 3, Zeile 4). Die Grenze der Größenbeachtung liegt also etwa bei 1 : 1,5.

Köderzahl gegen -größe: Um endlich Köderzahl und -größe gegeneinander auszuspielen, bot ich 2 Köder in waagrechter Linie gegen einen einzelnen, doppelt so großen (Tab. 3, Zeile 5). Dieser wurde so auf den Teller gebreitet, daß er auch die gleiche Fläche wie die beiden zusammen bedeckte. 81% aller Wahlen galten dem einen, größeren Köder.

Auch der Aitel wählte während der Dressur auf 5 : 3 oft die Dreiergruppe, wenn deren Köder größer waren (S. 6).

In den untersuchten Grenzen geht also die Ködergröße vor deren Anzahl.

b) Dressuren

In 8 Dressurreihen mit insgesamt 1834 Versuchen wählte ein Aitel im Sinne der Spontanneigung durchweg statistisch sicher die größere Gruppe, wenn 5 : 1, 5 : 2, 5 : 3 und 4 : 2 geboten wurden (S. 5/6). Keinen sicheren Erfolg hatten die Dressurreihen mit 6 : 4, 4 : 3, sowie die Dreifachaufgabe 5 : 2 : 1 mit 3 Tellern (S. 6/7).

In 11 Dressurreihen mit zusammen 850 Versuchen sollten Elritzen und Stichlinge lernen, entgegen ihrer Spontanneigung die kleinere Gruppe bzw. den kleineren Köder zu wählen, was aber nur teilweise und schwer gelang (S. 7/8).

Weiterhin schloß ich hier noch 70 Dressurversuche an zur Unterscheidung zweier verschiedener, successiv dargebotener Mengen, jedoch ohne Erfolg (S. 8).

Dressuren auf die anzahlgrößere Gruppe:

Die Dressur 5 : 1 mit 245 Versuchen fiel dem Aitel sehr leicht (Abb. 4 a). Schon im 4. Versuchszehnt machte er alles richtig und fiel vom achten an nie unter 80 Plusprozent; auch nicht in 110 Kontrollversuchen von der 15. bis zur 25. Zehnergruppe, trotz extremen Köderanordnungen und sehr unregelmäßigem Seitenwechsel der Zahlen 1 und 5¹⁾. In 4 Proben mit 4 : 1, 3 : 1, 2 : 1 und 1 : 0 entschied der Aitel sich jedesmal für die größere Zahl. Es zeigte sich bereits hier, wie in den späteren Dressuren noch deutlicher, daß er

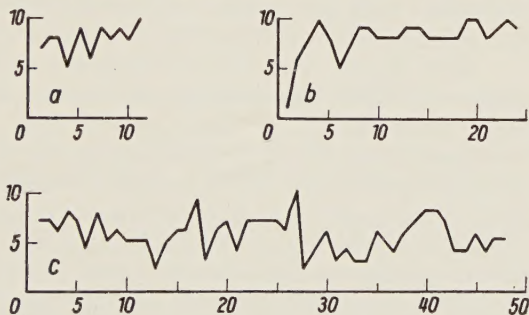


Abb. 4. Lerndiagramm des Aitel bei simultanem Unterscheiden a) von 5 : 1 (31. 7.—9. 9. 55), b) von 5 : 2 (3. 10.—10. 10. 55), c) von 6 : 4 Ködern (4. 1. bis 7. 6. 56), wobei nur die höhere Zahl erlaubt war. Ordinate: Anzahl richtiger Wahlen, Abszisse: Zehnergruppen von Versuchen

¹⁾ Ich bot den Positivteller hier in längeren Folgen auf der gleichen Seite und streute dann alle 4—9 Versuche 1—2 Angebote auf der anderen Seite ein, oder ich wechselte plötzlich längere Zeit beinahe nach jedem Versuch, usw.

nicht gelernt hatte, bestimmte Zahlen zu unterscheiden, sondern nur eine größere von einer kleineren Menge. In den letzten 60 Versuchen machte er es zu 93% richtig, welches Ergebnis trotz schwieriger Brockenanordnung wesentlich besser ist als das der entsprechenden Spontanversuche. Nach dieser Dressur folgte 5 : 2 : 1, eine Dreifachaufgabe (S. 7).

In der anschließenden Dressur 5 : 2 mit 110 Versuchen (Abb. 4 b) wählte der Aitel von Anfang an genauso rasch wie bei 5 : 1, wenn auch die Fehlerrate vorerst wuchs. Doch wurde dieses Verhältnis gut gelernt und in den letzten 50 Versuchen zu 88% richtig gemacht. Die Köderanordnungen wechselten durchschnittlich alle 5 Versuche, und zwar anfangs seltener, mit fortlaufendem Lernerfolg immer häufiger, zuletzt in 10 Proben, die alle richtig ausfielen, jedesmal.

In der Dressur 4 : 2 mit 140 Versuchen, welche auf die Dressur 6 : 4 (S. 6) folgte, war der Aitel anfangs unsicher. Doch dann lernte er sie gut, machte in den letzten 50 Versuchen 86% richtig, auch wenn die Köder wechselnd angeordnet waren.

Die Dressur 5 : 3 mit 357 Versuchen schloß sich an die auf 5 : 2 an. Hier war der Aitel zuerst etwas unsicher, doch unterschied er im Gegensatz zu den Spontanversuchen auch dieses Verhältnis bald gut mit 90% richtigen Ergebnissen in den letzten 70 Versuchen.

Über 100 Kontrollversuche, zu 89% richtig, zeigten, daß dabei keinerlei Fehlorientierung vorlag. Ich bot hierbei außer den schon besprochenen Kontrollen und Veränderungen (S. 3) noch folgende Erschwerungen:

Vielfach rückte ich die Teller 12 bis 15 cm auseinander und entfernte den Startplatz auf 30 bis 35 cm. Nun entschied sich der Aitel entweder bereits ganz hinten oder schwamm in großen Kurven von einer Aquariumsseite zur anderen und besah jeden Teller oft mehrmals, bevor er zu fressen versuchte. Dabei konnte er die Teller meist nicht gleichzeitig sehen, sondern mußte sie sich zum Vergleich kurz „merken“, was ihm gut gelang. — Mit dem Seitenwechsel hielt ich es zum Teil ähnlich wie in den 110 Kontrollversuchen der Dressur 5 : 1 (S. 5). — Ferner bot ich extrem verschiedene Anordnungen und wechselte diese in längeren Folgen nach jedem Versuch. — Auch schob ich gegen Ende der Reihe 23 Proben mit 4 : 2, 3 : 2, 6 : 4 und 5 : 1 ein¹⁾. Fast immer wählte der Aitel die größere Menge, um so sicherer, je leichter das neue Verhältnis war.

Er hatte also nicht 5 : 3 gelernt, sondern wählte die größere Gruppe in recht wechselnden Darbietungen jeweils ohne neu lernen zu müssen.

Diesen 357 Versuchen 5 : 3 mit lauter gleichgroßen Ködern folgten 180 weitere, doch waren die 3 größer als die 5 und diesen mengenmäßig gleich. Nun wählte der Aitel die 3 Brocken in 46% aller Fälle und verbesserte sich nicht. Auch hier kommt es ihm offenbar nicht auf Auszählen an, sondern darauf, möglichst viel Futter zu erhalten.

Eine Dressur 6 : 4 mit 480 Versuchen, welche auf die 5 : 3 folgte, blieb im ganzen erfolglos, nur zeitweise wählte der Aitel ganz gut, aber auch bloß bei leicht unterscheidbaren Köderanordnungen. Dementsprechend verläuft das Lerndiagramm (Abb. 4 c) in Wellen um die Zufallslinie. Insgesamt wurden nur 56% richtig gemacht, in den letzten Versuchen sogar nur noch 51%. Als ich am Ende der Dressur in einigen Proben das Zahlenverhältnis 6 : 1 bot, wählte der Fisch sofort fehlerfrei und mühelos, und bei 6 : 2 fast ebenso. 6 : 4 war also zu schwer gewesen, weil dies „viel“ gegen „viel“ bedeutete, während bei 6 : 1 und 6 : 2 der Unterschied genügend auffällig war.

In den Versuchsreihen 5 : 3 und 6 : 4 verwendete ich für jede der Zahlen etwa fünfzig verschiedene Köderanordnungen, die immer neu miteinander kombiniert wurden.

¹⁾ Nach diesen Proben wurden die auf Seite 8 erwähnten 70 Successivversuche eingeschoben.

Beim Verhältnis 5 : 3 störte das die Wahl praktisch nicht. 5 weit verteilte wurden 3 dicht angeordneten Ködern ebenso vorgezogen wie die 5 dichten den 3 weiten, und auch bei ständigem Wechsel solcher extremer Anordnungen wählte der Aitel die 5 Brocken gleich sicher. Hier unterschied er also tatsächlich Mengen, doch wie gesagt nur nach „mehr“ und „weniger“.

Aber schon beim Verhältnis 6 : 4 sprach die Anordnung stark mit. Wie die Fische in den Spontanversuchen (S. 4) wählte der Aitel hier meist die dichtere Gruppe, auch wenn sie weniger Köder enthielt.

Auch 4 : 3 konnte er in den 70 Versuchen nicht sicher erlernen. Nachdem er zuvor die 4 der 2 vorgezogen hatte, machte er die ersten 30 Versuche noch zu 76% richtig, doch dann wählte er immer schlechter, so daß ich die Reihe abbrach.

Die Dressur 5 : 2 : 1 als Dreifachwahl, nämlich 5 bzw. 2 und 1 Köder auf drei verschiedenen Tellern brachte in 130 Versuchen, obgleich ich die Köderanordnung nur etwa alle 10 Versuche wechselte, geringen Erfolg. Eben- sowenig wie Tauben und Wellensittiche schien der Aitel die Anordnung über- blicken zu können. Immerhin wählte er die 1 nur in 12%, die 2 in 22% und die 5 in 57%. In 9% aller Fälle entschied er sich nicht. Weitere Versuche mit 3 Tel- lern unterließ ich, da der Aitel bei der Wahl zu unschlüssig war, oft lange hin und her schwamm, bevor er von einem Teller zu fressen versuchte, und dazu keine Fortschritte machte, sondern eher nachließ.

Dressuren auf die anzahlkleinere Gruppe, bzw. auf den kleineren Köder:

Die Dressur 1 : 2 bestand ein Stichling in 80, 1 : 4 eine Elritze in 72 Ver- suchen, aber beide lernten gegen die Spontanneigung langsamer als der Aitel mit ihr. In den letzten 20 Versuchen unter ständigem Wechsel der Anordnun- gen wählte der Stichling 15mal, die Elritze 17mal richtig in typisch sicherem Verhalten.

Dagegen mißlangen weitere 6 Versuchsreihen mit Elritzen auf 1 : 2 (250 Versuche), 1 : 3 (180 Versuche) und 1 : 4 (198 Versuche). Aber gegen die gleiche Spontan- tendenz hat sich selbst das hervorragende Lernvermögen des Kolk- raben nicht durchgesetzt. Auch er ging unweigerlich zur falschen Seite, wenn einer der Köder größer oder sonstwie beliebter war als die übrigen.

Um so anerkennenswerter ist es, daß es 2 Elritzen, Max in 260 und Moritz in 270 Versuchen¹⁾ dazu brachten, den kleineren Köder zu wählen und den 5- bis 8mal größeren liegen zu lassen. Sie steuerten in allen Versuchen zuerst den großen Köder an und wendeten sich erst in seiner Nähe langsam von ihm ab und dem kleineren zu.

In 80 folgenden Versuchen mutete ich den beiden folgende 5 Umstellun- gen zu:

- a) Das Positivzeichen behielt ich bei, der große Negativköder wurde in 4 kleine Einzelstücke zerteilt. Dennoch blieben diese für Max und Moritz „negativ“ und wurden in 9 Proben nur 2mal zögernd gewählt.
- b) Wenn ich jetzt den erlaubten Köder bis 1 cm aus der Tellermitte schob, wählte Max weiter richtig. Moritz dagegen, der den großen Köder nach wie vor ungeteilt erhielt, schwamm zum kleinen, nachdem er um 1 cm aus der Mitte verschoben war, in 26 Proben nur noch 5mal. Es schien bei diesen Fehlern so, als sähen die beiden Elritzen den erlaubten Köder nicht, wenn er verschoben war. Sie hatten sich also auf ein ganz eng begrenztes Suchfeld eingestellt.
- c) Als ich nun 15mal Max den großen Köder neben den 4 kleinen bot, vermied er auffällig das Negativsignal und gelangte so ohne spezielle Wahl zu den 4 kleinen.

¹⁾ Die am Dressuranfang stehenden Versuche konnten daher gleichzeitig als Spontan- versuche verwertet werden (S. 4).

- d) In weiteren 11 Proben bot ich ihm 4 dichte neben 4 weit angeordneten Ködern. Dabei wirkte die von Natur aus anziehendere, enge Gruppe (S. 4) negativ. Max näherte sich ihr nur 3mal zögernd, wählte hier also relativ.
- e) Endlich bot ich beiden Fischen in 19 Proben 3, bzw. 4 große Köder gegen einen kleinen. Das Mengenverhältnis war nun etwa 1 : 20 bis 30. Die Fische wählten 13mal den einen kleinen.

Wie die eben beschriebenen Reihen zeigen, war eine Dressur auf den kleineren Brocken möglich, wenn auch sehr schwer. Wie die Umstellungen zeigen, hatten die Fische nicht Mengenunterschiede oder Anordnungen, sondern der Spontanneigung entgegen zu handeln gelernt.

Als ich endlich Moritz in 180 Versuchen auf 3 kleine Köder als Negativsignal gegen den einen gewohnten kleinen als Positivsignal umdressieren wollte, wie in der letzten Umstellung gut gelungen, nahmen die Positivwahlen immer mehr ab. Da gleichzeitig die Aufmerksamkeit des Fisches nachließ, bis er schließlich starb, sind diese letzten, den Umstellungen widersprechenden Ergebnisse jedoch unsicher.

Dressur auf zwei verschiedene, successiv dargebotene Mengen:

Endlich bot ich dem Aitel unmittelbar im Anschluß an die gut gekonnte, simultane Dressur 5 : 3 (S. 6) in 70 Versuchen dieselben 2 Futterteller nacheinander. Zum positiven Merkmal sollte er nun zügig hinschwimmen, vor dem negativen zögern und es nicht anrühren¹⁾.

Nachdem der Aitel nun mehrere Male nacheinander die 5 Köder gegen 3 richtig unterschieden hatte, reichte ich ihm den Positivteller allein. Er fraß ohne weiteres davon. Vor dem Negativteller, wieder eine Minute später, zögerte er. Doch bei weiteren 4 Angeboten von 3, 5, 3, 3 in Minutenabständen zögerte er jedesmal, immerhin bei 5 am wenigsten. — Nach halbstündiger Unterbrechung erhielt der Aitel 5, dann 3, 3 und wieder 5 Köder im selben Zeitabstand wie früher. In den ersten 4 Versuchen schnappte er jedesmal nach den Ködern. Dann wurde er ängstlich, näherte sich zögernd dem erlaubten Teller. — In der folgenden Woche nahm ich täglich einige Serien von 3 bis 5 Versuchen, jeweils mit 1 bis 3 Minuten Zeitabstand vor, welche durch Pausen von höchstens einer Stunde unterbrochen wurden. Begann eine Serie nun mit einem Positivteller, so versuchte der Aitel „sein Glück“ auch bei allen weiteren Angeboten, begann sie mit dem Negativteller, so verhielt er sich umgekehrt. Da weitere Versuche unter diesen Umständen hoffnungslos schienen, setzte ich nun die Simultanversuche (S. 6) fort.

Hätte der Fisch in den Simultandressuren zuvor die 5 und die 3 als Zahlen gelernt, so hätte er sie nun getrennt voneinander erkennen müssen.

2. Versuche mit Marken

Um die störende Spontanbevorzugung der größeren Futtermenge auszuschalten, sind Versuche mit ungenießbaren, „neutralen“ Marken üblich. In 12 Reihen und mehr als 1150 Versuchen verschiedener Art und nach verschiedenen Methoden hatte ich keinen Erfolg. Der Kürze halber seien hier nur die 3 wichtigsten erwähnt.

- a) Bekanntlich konnte HERTER Fische auf optische Signale dressieren, indem er an seiner „Futtergabel“ (HERTER 1953, S. 145) z. B. Kreis und Viereck bot, mit einem Köder vor dem positiven, und mit etwas Ungenießbarem oder nichts vor dem negativen Zeichen. Bei derartigen Aufgaben stören Köder neben oder vor den Signalen nicht. Bei zu zählenden Punktgruppen war aber zu erwarten, daß Köder und Punkte zusammengesehen

¹⁾ Solche Versuche hat O. KOEHLERS Schule meines Wissens bisher nicht gemacht. Sie gehören dem „ersten Grundvermögen“ an, Anzahlen (Mengen) zu sehen, jedoch nicht gleichzeitig nebeneinander, sondern einzeln nacheinander — Simultanversuche in successiver Darbietung, wenn man so sagen will.

wurden und dadurch das Zahlenbild verwirrten. Um dies zu prüfen, bot ich die bekannten Futterteller mit Köder versehen, neben welchen Punkte ganz im Sinne der HERTERSCHEN Futtergabel gemalt waren. Die sehr kleinen, bleichen Köder unterschieden sich dabei deutlich von den 10mal so großen, grellroten, runden Punkten. Schon nach wenigen Versuchen fraßen die Fische, Elritzen und Stichlinge, immer zuerst alle Köder ab, dann schnappten sie nach den Punkten. Doch bevorzugten sie jetzt kaum mehr den stärker beladenen Teller. Besonders deutlich wurde das bei einer Elritze, die 1 : 2 und 2 : 3 in den Spontanversuchen sehr gut unterschieden hatte. Zusammen mit nur je einem roten Punkt geboten beherrschte sie nun 1 : 2 nur noch mühsam, 2 : 3 gar nicht mehr. Das Bild von Punkt und Köder nebeneinander verwirrte sie offensichtlich so sehr, daß sie ein „mehr“ und „weniger“ auf den beiden Tellern nicht mehr sah. Dies änderte sich in 160 Spontanversuchen nicht.

- b) Da auch ein Köder anbieten erst, wenn der Fisch schon bei den Marken war, nichts half, brachte ich die zu zählenden Marken über den Eingängen zweier Futterkammern an. Nur in der Kammer mit der Dressurzahl fand die Elritze Futter; in die leere träufelte ich Wurmsaft zur Geruchskontrolle. Aber die Elritze beachtete die Marken über den Türen nicht, sondern versuchte, nachdem sie ein paarmal in der leeren Kammer nichts gefunden hatte, sich an den Türen geruchlich zu orientieren.
- c) Schließlich bot ich noch 2 runde, weiße, 6 cm große Scheiben mit aufgemalten roten Punkten von 4—8 mm ϕ in 10 mm Abstand voneinander. Hinter der Scheibe mit der Dressurzahl war ein Futterbrocken versteckt, hinter der anderen nicht. In den Versuchen schwammen die Elritzen nun erst direkt auf eine zufällig gewählte Scheibe los, wobei sie die roten Punkte deutlich sehen mußten, schnappten gelegentlich sogar nach ihnen, und suchten sofort oder ein paar Sek. später hinter der Scheibe nach Futter. Doch lernten sie in 3 Versuchsreihen mit 430 Versuchen nicht 1 : 2, 2 : 3, 2 : 4 zu unterscheiden. Sie konnten anscheinend keine Beziehung zwischen den Punkten und Brocken dahinter herstellen.

3. Versuche mit Gruppen von Artgenossen

Da sich die Fische um rote Punkte nicht kümmerten, versuchte ich es mit Artgenossen (Abb. 5). 6 bis 9 cm lange Versuchstiere sollten kleinere, 2 bis 3 cm lange Elritzen zählen. Köder waren entbehrlich, da alle Versuchstiere sofort nach Öffnen der Tür zu den Kleinen schossen und die Köder kaum beachteten. Die Kleinen wurden tagtäglich oder öfter gegen möglichst gleichaussehende, satte ausgewechselt. — In 234 Spontanversuchen beobachtete ich nun, ob auch hier die größere Anzahl bevorzugt würde.

Als 4 : 1 Kleine geboten waren, schwamm eine kranke, sehr scheue Elritze in 29 Versuchen 20mal zum einen und schien sich vor den 4 Kleinen zu fürchten. Sie hat also 4 : 1 unterschieden.

Das Verhältnis 3 : 1 bot ich 3 Fischen in insgesamt 100 Versuchen. Sie reagierten erstaunlich übereinstimmend. Zu 68 % bevorzugten sie die drei, zwischendurch aber plötzlich den einen Kleinen. Zur Gruppe schossen sie meist geradlinig von der Tür weg; zu dem einen schwammen sie langsamer und schwenkten manchmal unmittelbar vor ihm doch noch zur Gruppe hinüber. Auch wenn ich sie nach den Versuchen noch einige Minuten im Versuchsraum ließ, hielten sie sich mit Vorliebe bei der Gruppe auf. 3 : 1 wurde klar unterschieden, doch der sprunghafte Wechsel der Bevorzugung war verwunderlich.

Beim Verhältnis 2:1 mit insgesamt 75 Versuchen schwankten die Wahlen derselben 3 Fische noch mehr. Die Zweiergruppe wurde nur noch zu 56 % gewählt, doch blieben die Fische, wenn man sie längere Zeit im Versuchsraum ließ, auch jetzt noch lieber bei der Gruppe. Einen lebhaften Kleinen zogen sie jedoch zwei lahmen vor. Wenn die zwei lebhafter waren als der eine, gingen sie wieder lieber zu den beiden.

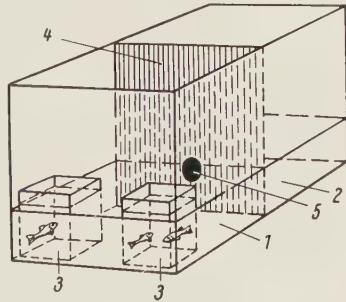


Abb. 5. Versuchsanordnung beim Unterscheiden verschieden zahlreicher kleiner Artgenossen. 1 bis 5 wie in Abb. 1

Um 2 leblose, narkotisierte Kleine, die ich nun in 30 Versuchen durch unsichtbare Zelluloidstützen in ganz natürliche Schwimmhaltungen gebracht hatte, kümmerten sich die 3 Elritzen kaum und gingen 21mal zum einen lebendigen.

Auch ließ ich die 3 Fische sowie einen vierten je 11 Min. lang im Versuchsraum und stoppte ab, wie lange sie bei den Behältern verweilten. Beim einen, beweglichen Fischlein waren sie 4mal so lange und schwammen wesentlich öfter und lebhafter zu ihm. Das Bild der beiden narkotisierten Fischlein zog sie zwischendurch wohl vorübergehend an, konnte sie aber nicht dauerhaft fesseln.

Es hatte also nicht die größere Anzahl, sondern das Mehr an Bewegungen den Ausschlag gegeben.

In diesem Zusammenhang seien die Beobachtungen von B. SATO (1938) an *Upeneus spilurus* Bleeker und *Plotosus anguillaris* Lacepède erwähnt, sowie die von E. TACK (1940) an der Elritze.

II. Versuche zum zweiten, successiven Grundvermögen, „Anzahlen abzuhandeln“

1. Handeln auf x Köder

Auf dreierlei Weise versuchte ich, Fische zu lehren, nur eine bestimmte Anzahl Köder nacheinander zu fressen und weitere abzulehnen. Meist machte ich die Versuche täglich ein bis mehrmals in Abständen von mindestens 10 Min., bei der Schlagmethode von mindestens 1 Std. Die höchste Tagesration waren etwa 18 mittelgroße Köder. Ich versuchte Dressuren auf 1, 2, 3 und 4.

Bei der Vergällungsmethode wurden einer 5 cm langen Elritze und einem 10 cm langen Rotaugen nacheinander 3 Regenwurmstückchen gereicht, und zwar das nächstfolgende immer erst dann, wenn das vorhergehende gefressen war. Das dritte war durch vorheriges Einweichen in gesättigter Chininlösung vergällt. (Andere Methoden zur Vergällung erwiesen sich als ungeeignet.) Die Fische sollten so lernen, den 3. Brocken zu verschmähen, d. h. bis 2 zu „zählen“.

Bei der Schlagmethode erhielten 8 bis 15 cm lange Zwergwelse in einer bestimmten Ecke des Aquariumbodens 2 bzw. 3 Brocken nacheinander und anschließend Schläge mit einem Glasstab. Sie sollten dadurch lernen, nach der Dressurzahl von selbst zu fliehen.

Bei der Vertreibungsmethode stand im Versuchsraum des kleinen, zweigeteilten Aquariums der Tür gegenüber ein Futterteller mit einigen Ködern mehr, als die Dressurzahl erlaubte. Hatte der Fisch diese erreicht, trat ich aus dem Hintergrund hinzu und drängte ihn mit einer durchsichtigen Zelluloidscheibe vorsichtig in den Wohnraum zurück, in anderen Fällen auch nur mit einer Handbewegung vor dem Aquarium. Da Vertreibung eine Art Strafe ist, sollte sie bewirken, daß er ihr durch Flucht nach der Dressurzahl zu entgehen versuchte¹⁾. Versuchsfische waren 4 bis 9 cm lange Elritzen, 4 bis 6 cm lange Stichlinge, sowie ein 6 cm langer Aitel. — In einigen Versuchsreihen wechselte ich sehr häufig Anordnung, Größe und Zahl der angebotenen Köder, in anderen nicht, um die Aufgabe zu erleichtern. Außerdem bot ich in allen Versuchsreihen mit Dressurzahl 2, 3 und 4 die Köder gleich weit voneinander entfernt, denn es hatte sich gezeigt, daß eng angeordnete Köder stärker zum Weiterfressen verleiten. Nur bei der Dressurzahl 1 veränderte ich die Dichte zur Erschwerung. — Weiterhin sorgte ich für einen annähernd gleichmäßigen Hungerzustand bei den Fischen, damit nicht verschieden großer Appetit ein falsches Bild vortäuschen konnte, setzte jedoch bei Hungerkontrollen mit dem Füttern aus oder unterließ gelegentlich das Scheuchen, so daß die Fische fressen konnten, solange sie wollten, wechselte auch öfters meinen Standort in 50 bis 100 cm Abstand vom Aquarium oder versteckte mich und kam zum Vertreiben zum Vorschein. Das störte die Ergebnisse nicht, wohl aber konnten leichte, zuckende Hand- und Körperbewegungen die Fische verjagen, weshalb ich solche peinlich so lange vermied, bis der Fisch sich entschieden hatte.

In 2 Reihen mit zusammen 503 Versuchen nach der Vergällungsmethode sollten ein Rotaugen und eine Elritze nur 2 Köder essen, der dritte war vergällt. In weiteren 3 Reihen mit 417 Versuchen nach der Schlagmethode sollten Zwergwelse bis 2 bzw. 3 „zählen“. Aber keine dieser 5 Reihen gab auch nur irgendwelche Hoffnung auf Erfolg.

Das Rotaugen schien in 183 Dressuren nur gelegentlich dem zweiten, noch seltener dem dritten Köder zu mißtrauen. Es konnte also nur gelernt haben: „der erste ist immer gut.“ Außerdem versuchte es schließlich mit Augen und Nase festzustellen, welches der vergällte Köder war.

Die Elritze schnappte in den meisten der 320 Versuche gleich begierig nach jedem der 3 gebotenen Köder und spie den vergällten dann „enttäuscht“ wieder aus. Eine Zeitlang zögerte sie auch vor dem ersten.

¹⁾ Vergleiche analoge Versuche von KOEHLER mit Vögeln, welche Erfolg brachten.

Ein Zwergwels versuchte dem Schlag nach dem 3. Brocken zu entgehen, indem er völlig regellos nach irgend einem der 3 Köder floh. Nach knapp 160 Versuchen wich er nach jedem Köder etwas vom Futterplatz und kam bald darauf wieder. Am vorsichtigsten war er nach dem ersten. So blieb es, und weil er immer scheuer wurde, brach ich die Reihe nach 317 Versuchen ab. — 2 weitere Zwergwelse verfielen schon nach wenigen Dressurversuchen auf denselben Ausweg, worauf ich die Arbeit mit ihnen bald abbrach.

Die Vertreibungsmethode schien die meisten Erfolgsaussichten zu bieten. Tab. 4 überblickt 22 Versuchsreihen mit insgesamt 3040 Versuchen. Erfolgreich war nur die Dressur auf 1. Auf 2, 3 und 4 gab es nur Mißerfolge.

Auf 1 versuchte ich in 320 Versuchen eine Elritze zu dressieren. Da sie sehr ungern nach dem 1. Köder schon vom Teller wich, mußte sie bis zum 170. Versuch meist vertrieben werden und war entsprechend scheu. In dem Maß aber, in dem sie sich besserte, d. h. je seltener sie vertrieben wurde, um so zahmer wurde sie. — Als sie einmal gelernt hatte, nach dem ersten Köder zu fliehen, wurden die Ketten richtiger Ergebnisse immer länger, im Höchstfall 23gliedrig. Bei so langem Ausbleiben von Vertreibungen schien sie dann ihre Aufgabe zu vergessen und nahm plötzlich doch wieder einen Köder über die Dressurzahl hinaus. Dann genügte meist eine Vertreibung, um die Elritze wieder daran zu erinnern, und es folgte die nächste lange Positivkette. In eingestreuten Spontanversuchen (S. 10), wo sie unvertrieben tun konnte, was sie wollte, nahm sie höchstens 3 Köder. Auch andere Erschwerungen bestand sie: so floh sie nach dem 1. Köder, gleich ob ich 2 kleine oder 11 große bot. Etwas unsicher wurde sie nur, wenn die Köder sehr dicht standen oder wenn sie besonders großen Hunger hatte; doch auch dann beherrschte sie ihre Aufgabe noch recht gut. Erwischte sie den ersten, erlaubten Köder beim ersten Schnappen nicht oder nicht ganz, so biß sie so oft zu, bis sie ihn hatte, aber einen zweiten nahm sie nicht. Legte ich ihr dann einen vor den Teller auf den Boden, so nahm sie nur diesen und ließ den Teller unberührt. Die Elritze hatte also sicher gelernt, auf 1 zu „handeln“.

Dem Aitel, der 5 : 2 gelernt hatte (S. 6), bot ich wie bisher 2 Teller, einen mit 5, den anderen mit wesentlich weniger Ködern. Schon nach 10 Vertreibungen begann er zu fliehen, wenn er den ersten Köder der Fünfergruppe gefressen hatte, und handelte nach dem 50. Versuch in rund 95% richtig auf 1 in langen Positivfolgen. Im zweiten und dritten Versuchszehnt machte er je 4 Versuche, im sechsten 1 und in den folgenden 240 Versuchen nur 19 falsch. Nach einer 47gliedrigen Positivfolge brach ich ab. Gelegentlich versuchte er mit allen Anzeichen der Scheu einen 2. Brocken gleichsam „zu stehlen“, doch nahm er in eingeschobenen Spontanversuchen nie mehr als 3. Anfangs war er etwas scheu, aber nicht mehr, als er die Dressur beherrschte. Auch dieser Fisch hat, entgegen seiner anfänglichen Neigung, die Dressurzahl 1 gelernt. Doch gelang es in weiteren 200 Versuchen nicht, ihn auf 2 zu dressieren.

Alle Versuche, Fische auf 2, 3 und 4 handeln zu lassen, sind mißglückt. Am Anfang jeder Reihe fraßen die Fische ruhig, bis sie vertrieben wurden. Später gewöhnten sie sich an, irgendwann freiwillig aus dem Versuchsraum zu fliehen („Flucht“) oder wenigstens für kurze Zeit vom Teller wegzugehen („Fluchtansatz“). Aber auch jetzt blieben sie noch oft, bis sie vertrieben wurden, und nach 300 und mehr Versuchen verteilten sich solche Fluchten und Fluchtansätze noch ebenso regellos wie anfangs; am häufigsten waren sie nach dem ersten Köder, und mit jedem weiteren ließen sie nach. Aber

Tab. 4. Dressur x Köder zu fressen; AR = Anzahl der Versuchsreihen; A = Anzahl Fluchten nach Lernbeginn¹⁾ in Prozent, 1. K bis 4. K = nach dem 1., 2., 3 bzw. 4. Köder

AR	x	n	1. K	A 2. K	3. K	4. K
2	1	620	72			
9	2	1000	55	8,5		
6	3	900	19	15,5	9	
5	4	520	23	19	14	6,5

¹⁾ Mit „Lern“beginn ist der Zeitpunkt der ersten Flucht gemeint, obwohl die Fische tatsächlich bei Dressurzahl 2, 3 und 4 nicht lernten

Flucht nach der Dressurzahl, also richtiges Verhalten, bildete die Ausnahme. In einigen Reihen setzten die Fische nach jedem Brocken zur Flucht an, in anderen lernten sie nicht einmal das, sondern fraßen ruhig, bis sie vertrieben wurden. Wieder andere Fische fraßen so schnell sie nur konnten, so daß ich oft zu spät kam. — In eingestreuten Spontanversuchen fraßen alle Fische gewöhnlich weit über die Dressurzahl hinaus, meist bis der ganze Teller leer war. Auch Hunger, der nicht gar zu lange währte, beeinflusste ihr Verhalten kaum.

In Tab. 4 sind die richtigen Ergebnisse jeweils fett gedruckt. Nur bei der Dressur auf 1 sind sie weit in der Überzahl, bei 2, 3 und 4 dagegen verschwindend gering. Aber bei allen Dressuren sind die Fluchten nach dem 1. Köder am häufigsten und werden mit jedem weiteren Brocken seltener, d. h. am Anfang jedes Versuches waren die Fische meist am scheuesten und wurden dann immer mutiger. Umgekehrt verhielten sich KOEHLERS Vögel, welche sowohl mit wie ohne Scheuchen auf analogem Wege Anzahlen „zählen“ lernten. Hätten die Fische wenigstens ein „dunkles“ Zahlengefühl gehabt, so wäre ein entgegengesetztes Verhalten von ihnen zu erwarten gewesen, wie ich es beobachtet habe.

2. „Handeln“ auf x einander folgende Signale

Anstatt eine Succession eigener Handlungen „zählen“ (Anzahlen abhandeln) zu lassen, was wohl in höheren Zentren geschehen muß, welche tiefere, motorische Zentren enthemmen und registrieren, wie oft das geschehen ist, kann man die gleiche Frage ans Sensorium richten und feststellen, wieviel aufeinander folgende Signale Fische zählen können. — Vögel können das mit Licht- und Klangzeichen bis 4 (E. MAROLD, H. BRAUN, P. LÖGLER), ob noch weiter, ist noch nicht festgestellt.

Ich bot in 4 Reihen mit zusammen etwa 400 Versuchen 5—8 cm langen Elritzen und einem 5 cm langen Stichling bei schwacher rötlicher Beleuchtung einander folgende Lichtzeichen. 2 je 1 bis mehrere Sek. lange Lichtblitze bedeuteten „Futter“ an einem bestimmten Ort, 1 Blitz „kein Futter“. Die Fische assoziierten Licht und Futter bestenfalls in 21 Dressuren, doch schienen sie dann oft erst das 2. Signal zu bemerken, oder sie kamen gar nicht, als hätten sie „nicht aufgepaßt“, weshalb ich auf weitere Lichtsignaldressuren verzichtete.

5 bis 15 cm langen Zwergwelsen und 5 bis 8 cm langen Elritzen bot ich nacheinander 2 bzw. 3 Töne als Positivsignal (P, Futter) und einen, bzw. 2 als Negativsignal (N, ohne Futter). Als Töne dienten das G¹ von etwa 100 Hz. eines elektrischen Summers, der außen der Aquariumwand auflag, über 2 kleine Aquarien gespannte Stahlsaiten, die auf leichtes Anzupfen das c¹ von 196 und das g¹ von 261 Hz. gaben, zwei Stimmgabeln, die nebeneinander am oberen Rand eines großen Aquariums befestigt waren und durch Abziehen von Spannern das Kammer-a (440 Hz.) erklingen ließen, sowie eine offene Orgelpfeife (gis'' = 415 Hz.), welche ich über einem kleinen Aquarium anblies¹⁾.

In 3 Reihen mit 1211 Versuchen bot ich 2 Töne als Positiv- und einen als Negativsignal, und in 7 Reihen mit 1718 Versuchen 3 Töne als P. gegen 2 Töne als N. Von diesen 10 Reihen brachten 9 keinen Erfolg. Die Fische lernten bloß, entweder auf alle, oder gelegentlich „nach Laune“ auf irgendwelche Signale zu kommen. (Rhythmusdressuren auf lange gegen kurze Töne, wie sie WOHLFAHRT durchgeführt hat, konnten die gleichen Fische dagegen erlernen²⁾).

¹⁾ Nach den von STETTER bekanntgewordenen Untersuchungen (1929) sind für die Fische Töne von Orgelpfeifen, schwingenden Saiten und Stimmgabeln gut hörbar. Die hier verwendeten Tonhöhen liegen weit innerhalb der dort festgestellten Hörgrenze, so daß ein einwandfreies Hören durch die Fische gewährleistet war.

²⁾ Th. A. WOHLFAHRT (1936) hat „Über rhythmisches Gefühl und relative Tonunterscheidung bei Elritzen“ gearbeitet. Seine Elritzen lernten leicht einen gehaltenen (Futterton) gegen einen unterbrochenen Ton (Warnton) zu unterscheiden und konnten dies noch, wenn der Futterton die Länge von 3 Einzeltönen des Warnsignals ausmachte, ohne weiteres. Das Verhältnis 2 : 1 wurde nur beherrscht, wenn der Warnton in kurzem Staccato gegeben wurde. Blies man auch den Futterton in Staccato an, so trat große Unsicherheit ein. „Bei verdoppelter Geschwindigkeit der Tonfolgen in derselben Anordnung (Warnton — doppelt so schnelle Folge als Futterton) wählte der Fisch relativ und verbesserte außerdem das Ergebnis wieder beträchtlich.“

„Nach dem Gesamteindruck scheint der Fisch ein recht feines Gefühl für die Länge der Töne zu haben, während er die Pausen, die ja in Wirklichkeit ein Aussetzen des Tonreizes bedeuten, weniger leicht im Gedächtnis behält.“

Aber eine Reihe mit 2 : 1 glückte: In ein großes Aquarium mit etwa 18 cm tiefem Wasser, Kiesboden und einigen Steinen (Abb. 6 a) tauchte 3 bis 5 cm tief ein Futterkolben (b) ein, in dessen untere seitliche Öffnung der Fisch den Kopf hineinstecken konnte.

In 160 Vorversuchen lernte der Zwergwels Töne und Futter miteinander in Beziehung zu bringen. Zuerst ließ ich von Zeit zu Zeit unter den Kolben Futter fallen. Später hängte ich es direkt in den Kolben. Sobald der Fisch es witterte, summte ich 2mal, zusammen höchstens 4 Sek. lang, und wiederholte dies alle 20 bis 30 Sek., bis der Fisch das Futter fand. Nach und nach entzog ich ihm die geruchliche Orientierung, indem ich das Futter erst dann ins Wasser brachte, wenn er nach den 2 Tönen im Kolben suchte. Nur diese Suchreaktion wurde in den späteren Dressurversuchen als richtig gezählt. Als die Vordressur auf „2 Töne = Futter“ gut saß, reichte ich zu einem Ton vergälltes Futter, um ihm hier das Suchen abzugewöhnen. Im weiteren Versuchsverlauf zeigte sich aber, daß es besser war, nur durch Erfolglosigkeit zu strafen. — P. und N. folgten einander nicht in gleichmäßigem Wechsel, sondern N. wurde häufiger geboten. Die Abstände zwischen 2 Versuchen betrugen anfangs mindestens eine halbe Stunde, später oft weniger (S. 14). Fremde Orientierungsmöglichkeiten schaltete ich folgendermaßen aus: Geruchsorientierung wie eben beschrieben, optische Orientierung durch Blenden, Erlernung eines Tonrhythmus durch häufigen Wechsel der Ton- und Pausenlängen. Zur weiteren Kontrolle beobachtete ich den Zwergwels vor jedem Versuch eine bis mehrere Min. lang und prüfte immer wieder, ob er sich etwa auch nach ungewollten Erschütterungen richtete.

In den ersten 54 Versuchen suchte der Zwergwels bei jedem Signal nach Futter im Kolben. Die Ergebnisse fielen daher bei P. alle „richtig“, bei N. alle „falsch“ aus. Dies Verhalten zeigt, daß er in der Vordressur nur gelernt hatte: „Tonsignal = Futter“, sonst hätte er auf die 2 Töne irgendwie lebhafter reagiert. Erst bei der 23. Negativedressur zeigte er sich unsicher, schoß nach Erklängen des Signals ruckartig durchs Aquarium und um den Kolben herum und wendete sich, wenn er ihn streifte, oft wie erschreckt ab. In den darauffolgenden Zehnergruppen war er gelegentlich bei P. oder auch bei N. unsicher bzw. kam überhaupt nicht. Zudem machte ihn das Chinin zunehmend ängstlicher.

Seit Versuch 168 (Tab. 5, Abschnitt 2) bot ich daher zu N. statt des Chininköders gar keinen Köder. Nun wurde der Fisch bald ruhiger, sicherer und verhielt sich immer häufiger richtig: Beim Zweiertonsignal schwamm er sofort oder einige Sek. später zum Kolben und umschwärmte ihn rund 30 Sek., bis er hineinfand, wartete dort aufs Futter und untersuchte danach den Kolben oft noch ein paarmal von innen und außen. — Beim Eintonsignal zuckte er zwar gewöhnlich auch oder schwamm sogar ein paarmal um den Kolben herum, berührte ihn aber kaum und beruhigte sich bald. — Unsicherheit äußerte sich in einem Herumsuchen um den Kolben, ohne hineinzuschwimmen. Nach P. suchte er meist mehr als nach N. Ausgesprochen falsches

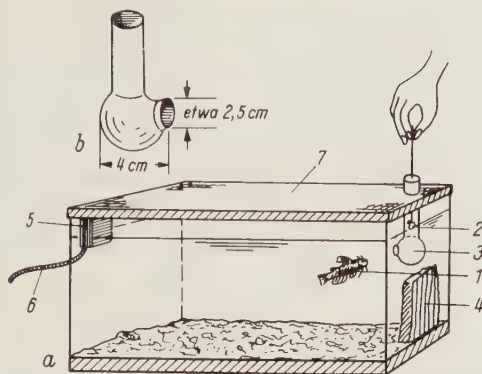


Abb. 6. Versuchsanordnung bei der Tondressur auf 2 : 1. a) Der Zwergwels (1) kommt soeben, durch das Positivsignal von 2 Tönen angelockt, zum gläsernen Futterkolben (b), doch wird das Futter (2) erst dann ganz hinunter gelassen, wenn er im Kolbenkopf (3) danach sucht. 4 Steinplatte zur Orientierung, 5 und 6 elektrischer Summer und abgehendes Kabel, 7 Atexplatte

Tab. 5. Differenzdressur eines Zwergwelses auf 2 Summtöne (+) gegen einen (—); Abschnitte = A; Darbietungen = n: des Positivsignals = +, des Negativsignals = —; richtiges Verhalten in ...% aller Versuche = +%: richtiges Verhalten bei P = +%P, richtiges Verhalten bei N = +%N

A	n	+	—	+%	+%P	+%N
1	167	83	84	50	87	13
2	64	21	43	62	88	49
3	127	34	93	73	87	68,5
4	49	13	36	74	76	73,5

Verhalten ähnelte dem richtigen in abgeschwächter Form, nur verkehrt herum.

Die 62% richtigen Verhaltens fallen größtenteils auf das Positivsignal. Von 21 Darbietungen machte er 18 richtig, in den übrigen 3 zeigte er sich unsicher. Bezeichnend ist auch folgendes Verhalten: Sobald er den Summer hörte, schoß er ein Stück vorwärts und hielt sofort wieder an, gleichsam abwartend, ob noch ein zweiter Ton folgte. Wenn dieser kam, schwamm er gleich oder ein paar Sek. später zielsicher zum Kolben. — Aber auch auf die Stimmung des Fisches muß man achten. Manchmal lag er schläfrig herum, aber in Futterstimmung schwamm er lebhaft umher, besonders in der Nähe des Kolbens.

Sobald der Zwergwels P. und N. einigermaßen unterschied, änderte ich ständig und unabhängig voneinander die Längen der Tonsignale und der Pausen, beide in den Grenzen von $\frac{1}{4}$ bis 4 Sek., ohne daß das die Leistungen sichtbar beeinträchtigte. Eine Rhythmusdressur hatte also nicht stattgefunden und stellte sich auch in der Zukunft nicht ein. — Ferner senkte ich in jedem 10. bis 20. Versuche bei N. den Futterdraht mehrere Min. lang ohne einzutauchen in den Kolbenhals und ließ umgekehrt bei P. das Futter erst in die Kolbenkammer, wenn der Fisch dort schon eine bis mehrere Minuten gesucht hatte; manchmal gab ich die Signale, ohne mich dabei dem Aquarium zu nähern bzw. versuchte, ob Annäherung und Erschütterung des Aquariums die Reaktion des Fisches beeinflussen.

Vom 232.—358. Versuch (Abschnitt 3) machte der Zwergwels keine wesentlichen Fortschritte mehr. Jetzt schien er, mit 73% richtigen Ergebnissen gegenüber 50% zu Dressurbeginn, seine Leistungsgrenze erreicht zu haben. — Ich schob nun Versuchsserien ein, in denen die Versuche alle 5 Min., selten rascher, äußerstenfalls aber alle 90 Sek. aufeinander folgten. Das wirkte anfangs günstig; aber als der Zwergwels dabei gelegentlich in Alarmstimmung geriet, machte ich weiterhin mindestens 30 Minuten lange Pausen zwischen den Versuchen.

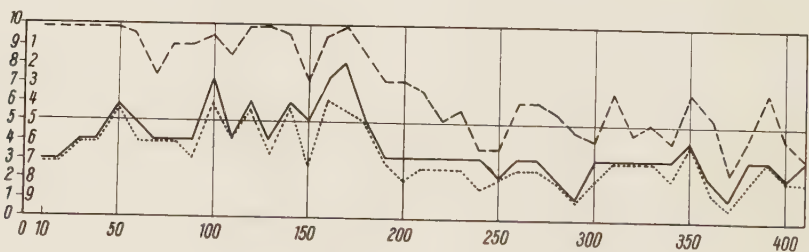


Abb. 7. Lerndiagramm des Zwergwelses, der auf 2 Töne Futter holen und auf einen zu Hause bleiben soll (1. 10.—21. 11. 1956). Abszisse: Anzahl Versuche, linke Ordinate: Positiv-Angebote, rechte Ordinate: Negativ-Angebote. Richtige Antworten auf 2 Töne, — — — — auf einen Ton; ————— gibt an, wie oft in 10 Versuchen 2 Töne bzw. 1 Ton geboten wurden. Die Zickzackfläche zwischen der gepunkteten und der gestrichelten Linie entspricht den Fehlern, und zwar unter der durchgehenden Linie denen der Positivdressur, darüber jenen der Negativdressur. Der gepunktete und der gestrichelte Linienzug zeigen, was der Fisch jeweils gelernt hat, aber auch die Störungen. Ganz am Anfang (S. 13) war das Verhalten in allen Positivdressuren richtig, in allen Negativdressuren falsch (Zusammenfallen der gepunkteten mit der durchgehenden Linie, während die gestrichelte bei Null verläuft). Auffällig ist dann insbesondere das zunehmende Feld über der durchgehenden Linie (Verbesserung der Negativergebnisse), bis sie am Ende des 4. Abschnittes infolge der schon besprochenen Störung fast an die Strichlinie heranreicht. Das Feld unter der durchgehenden Linie zeigt kein klares Lernergebnis, wenngleich einzelne Stücke Teilerfolge zeigen. Das Zickzackband der Fehler wird immer schmaler, bis sich die bekannte Störung auswirkte.

Im 359. Versuch, d. h. der 222. Negativdarbietung hatte sich der Fisch im Futterkolben verfangen und scheute ihn danach. Bei N. schwamm er die nächsten 18mal nie in den Kolben und auch bei P. war er öfters unsicher. Daher stiegen im vierten Abschnitt die richtigen Ergebnisse scheinbar bei N., während sie bei P. fielen. Nach dieser Störung verschlechterte der Fisch sich, weshalb die Ergebnisse nach Versuch 407 nicht mehr gewertet und verschiedene geplante Versuche nicht mehr durchgeführt werden konnten.

Demnach hat der Zwergwels einen Ton von zweien sicher unterschieden (Abb. 7). Ob er die Anzahlen 1 und 2 gelernt hat, das kann man bezweifeln. Sicher aber konnte er „1“ von „mehr als 1“ unterscheiden.

Erörterung

Nach den Erfahrungen O. KOEHLERS und seiner Schule an Vögeln, sowie nach HAGERS und HERTERS Fischdressuren schien es nicht ausgeschlossen, auch bei Fischen ein beschränktes Zählvermögen zu finden.

Es zeigte sich, daß die Fische nur in der Lage sind, die Eins zu erfassen und sie einwandfrei von mehr als Eins zu unterscheiden, und zwar sowohl successiv wie simultan. Sie unterschieden also die Einzahl von der Mehrzahl, die bei 2 beginnt und relativ ist, etwa einem Haufen oder einer anonymen Menge vergleichbar. Doch konnten die Fische Mengen von mehr als einem Stück unterscheiden, in den Spontanversuchen 5 : 3, wenn die 5 Köder enger lagen als die 3, nicht aber umgekehrt, und auch sonst sprachen mancherlei andere Begleitumstände mit. Durch Dressur ließ sich eine größere Unabhängigkeit erreichen. Die anzahlgrößere Fünfergruppe wurde von der anzahlkleineren Dreiergruppe simultan unterschieden, jedoch nicht mehr, wenn beide einzeln nacheinander geboten wurden. Größere Zahlenpaare wie 6 : 4 wurden, auch gleichzeitig nebeneinander geboten, nicht mehr unterschieden. Da es nicht möglich war, alle „falschen Schlüssel“, wie Anordnung der Glieder, Größe und Form des Einzelgliedes, Beliebtheit, Bewegung desselben usw. abzuvariiieren, kann hier noch nicht von „zählen“ die Rede sein, wohl aber von einem deutlich beginnenden Vermögen, kleine Mengen ihrer Größe nach abzuschätzen.

Wenn also nur die Eins als unabhängig von allen möglichen Begleitumständen erfaßbar nachgewiesen wurde, so darf man wohl noch nicht mit gutem Gewissen von „zählen“ sprechen. Gewiß ist auch die Eins eine Zahl, aber „nur auf Eins zählen können“ ist kein Zählen.

Eine höchst erwünschte Erweiterung der bisherigen Befunde über tierisches „Zählen“ ist darin zu erblicken, daß auch für die Fische — nach bisherigem Forschungsstande — die obere Grenze beider Vermögen, des simultanen und des successiven, die gleiche ist.

Aber es fragt sich, ob man jetzt schon sagen darf, Fische können nicht mehr als Eins erfassen, weil die Dressurversuche erfolglos blieben. Rein empirisch negative Beweise zu erbringen ist unmöglich; überall werden täglich alte Rekorde gebrochen, die man für unüberschreitbar anzusehen gewohnt war. Auch mit 18 000 sorgfältig angestellten und gebuchten Einzelversuchen brauchen keineswegs alle Möglichkeiten erschöpft zu sein. W. FISCHELS Tauben kamen auch nicht über die 2 hinaus, aber in W. ARNDTS Versuchen glatt bis zur 5 und mit Ansätzen darüber hinaus fast bis zur 6. Die allein oder weitgehend rhythmus-unabhängige Erfassung des akustischen Zweiersignales im Unterschied zur Eins, ja die Tatsache, daß die Umstellung von rhythmischer Darbietung auf rhythmusfreie ohne Nachlernen gelang, obwohl Fische zweifellos Rhythmen erlernen können, ist eine Leistung, die uns warnen kann, zu früh negativ zu urteilen.

Zusammenfassung

Es wurden Versuche zum ersten, simultanen Grundvermögen, „Anzahlen zu sehen“, mit Ködergruppen, Marken und Artgenossen durchgeführt, sowie Versuche zum zweiten, successiven Vermögen, „Anzahlen abzuhandeln“, mit Ködern und Tonsignalen.

1. In Spontanversuchen unterschieden Elritzen, Rotfedern und Stichlinge die Zahl 1 von einer höheren Zahl, d. h. sie zogen eine Gruppe von 2, von 3 oder 5 Ködern einem einzelnen vor. Ob die Gruppe größer oder klein war, änderte ihre Beliebtheit nicht. — Auch 2 : 3 wurde noch unterschieden, solange die Abstände zwischen den Köderbrocken bei beiden Gruppen gleich waren, 5 : 3 dagegen nicht mehr. Lagen die Köder in beiden Gruppen verschieden dicht, so wurde die „dichtere“ bevorzugt, auch wenn sie weniger Köder enthielt; bei 3 : 2 waren unter diesen Umständen beide Gruppen etwa gleich beliebt. Am wichtigsten war die Ködergröße. Ein großer Köder wurde 2 halb so großen gegenüber bevorzugt. Eine Elritze sah noch Größenunterschiede von 1 : 1,5.
2. Durch Dressur ließ sich das spontane Unterscheidungsvermögen verbessern und steigern. Ein Aitel lernte, entsprechend der Spontantendenz bei 5 : 1, 5 : 2, 5 : 3, 4 : 2 sicher die größere Zahl zu wählen; bei 4 : 3 und 6 : 4 blieb er immer unsicher. Bei veränderten Versuchsanordnungen unterschied er jedoch nur nach „mehr“ und „weniger“, nicht nach bestimmten erlernten Anzahlen. Dressur auf die niedrigere von 2 Zahlen fiel Elritzen und Stichlingen viel schwerer; 1 : 2 und 1 : 4 lernten sie nur mühsam. Noch schwerer war es, 2 Elritzen auf den kleineren von 2 Ködern zu dressieren.
3. Versuche mit Marken scheiterten daran, daß die Elritzen und Stichlinge sich nicht um sie kümmerten oder sie nicht mit Belohnung und Strafe in Zusammenhang brachten. Dagegen sprachen Elritzen lebhaft auf verschiedenanzahlige Gruppen von Artgenossen an, indem sie einen gut von zweien, dreien und vierten unterschieden. Doch wählten sie nicht nach der Anzahl, sondern einfach die Gruppe, in der sich mehr bewegte, auch wenn es weniger Fischchen waren.
4. „Anzahlen abzuhandeln“ lernten eine Elritze, ein Aitel und ein Zwergwels nur bis auf eins, d. h. sie lernten nur einen Köder von vielen zu fressen, bzw. bei einem Tonsignal nicht nach Futter zu suchen. Alle Versuche, sie auf 2, 3 oder 4 handeln zu lassen, blieben erfolglos.

So hat sich bisher ein „Zähl“-vermögen an Fischen nicht nachweisen lassen. Bei simultan gebotenen Ködergruppen unterschieden sie in bescheidenem Rahmen „mehr“ von „weniger“; successiv erlernten sie nur die Anzahl 1.

Summary

Experiments were made concerning the first simultaneous basic faculty "to see numbers" as well as concerning the successive ability "to act upon numbers". Groups of bait, small red disks and conspecifics were used for the first category of experiments, bait and acoustic signals for the second.

1. In spontaneous experiments minnows (*Phoxinus laevis*), peral roaches (*Scardinius erythrophthalmus*) and sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*) were able to discriminate the number 1 from higher numbers, e. g. they preferred a group of 2, 3 or 5 pieces of bait to a single one. The preference was not influenced by the size of these groups of bait.

The fishes discriminated between groups of 2 and 3 as long as the distances between the single particles of bait were equal, but not between groups of 5 and 3.

If the two groups of bait were arranged in different density, the denser one was preferred even if it contained a lesser amount of bait. Under these circumstances, groups of 2 and 3 elicited nearly the same reaction.

The size of bait proved to be the most important factor. One piece of large bait was preferred to two half its size. One minnow even discerned the difference in size of 1 : 1,5.

2. Spontaneous ability to discern could be improved and increased by training. *Squalius cephalus* learned, following its spontaneous tendency, to chose the higher number in groups of 5 : 1, 5 : 2, 5 : 3, 4 : 2. In experiments presenting groups of 4 : 3 and 6 : 4 the fish never learned to discriminate accurately. If the experimental set-up was changed, however, the fish was only able to discern between groups containing more or less and not between definite learned numbers. Training to prefer the lower one of two numbers was more difficult to effect in minnows and sticklebacks; only with great difficulty they learned the 1 : 2 and 1 : 4. It was even harder to train two minnows to prefer the smaller one of two baits.

3. Experiments using small red disks instead of bait were unsuccessful as the minnows and sticklebacks failed to pay attention to them, nor did they ever associate them with reward and punishment. Groups of a varying number of conspecifics, however, elicited lively reaction in the minnows: They easily discerned a single one from groups of 2, 3 or 4. They did not chose a group according to its number but simply the group showing more movement, even if there were fewer fish.

4. A minnow, 1 *Squalius cephalus* and 1 *Amëiurus nebulosus* learned "to act upon numbers" only with the number 1, e. g. they learned to eat just one particle of bait or to stop looking for food after one single acoustic signal. All attempts to make them "act with numbers" up to 2, 3 or 4 remained without success.

Thus, ability to count could not be proved in fish. Simultaneously confronted with different groups of bait they discerned, to a modest degree, between "more" and "less"; successively, they were only able to learn the number 1.

Literaturverzeichnis

- ARNDT, W. (1939): Abschließende Untersuchungen über das „Zähl“-vermögen der Haus-
taube. Z. Tierpsychol. 3, 88—142. • BRAUN, H. (1952): Über die Fähigkeit von Papageien,
unbenannte Anzahlen zu unterscheiden. Z. Tierpsychol. 9, 40—91. • BRUNNER, G. (1935):
Über die Sehschärfe der Elritze (*Phoxinus laevis*) bei verschiedenen Helligkeiten. Z. vergl.
Physiol. 21, 296—316. • FISCHER, W. (1926): Haben Vögel ein „Zahlen“-Gedächtnis? Z. vergl.
Physiol. 345—369. • FRISCH, K. v. (1936): Über den Gehörsinn der Fische. Biol. reviews 11,
210—246. • HAGER, H. J. (1938): Untersuchungen über das optische Differenzierungsvermögen
der Fische. Z. vergl. Physiol. 26, 282—302. • HASSMANN, M. (1952): Vom Erlernen unbenannter
Anzahlen bei Eichhörnchen. Z. Tierpsychol. 9, 294—321. • HERTER, K. (1950 a): Vom
Lernvermögen der Fische. Moderne Biol., Festschrift f. H. Nachtsheim, 163—179, Berlin. •
Ders. (1953): Die Fischdressuren und ihre sinnesphysiologischen Grundlagen. Akademie-Ver-
lag, Berlin. • KOEHLER, O., O. MUELLER und R. WACHHOLTZ (1935): Kann die Taube An-
zahlen erfassen? Verh. D. Zool. Ges. 39—54. • Dies. (1935): Kann die Taube „zählen“ lernen?
Forsch. u. Fortschr. 11, 402—403. • Ders. und R. WACHHOLTZ (1936): Weitere Versuche an der
Taube „Nichtweiß“ zur Frage des „Zählvermögens“. Verh. D. Zool. Ges., 211—236. • Ders.
(1937): Können Tiere zählen? Berl. tierärztl. Wschr., 514—515 und 797—800. • Ders. (1937):
Die „zählenden“ Tauben und die „zähl-sprechenden“ Hunde. Biol. 6, 13—24. • Ders. (1937):
Können Tauben „zählen“? Z. Tierpsychol. I., 39—48. • Ders. (1941): Vom Erlernen un-
benannter Anzahlen bei Vögeln. Die Naturwiss. 29, 201—218. • Ders. (1943): „Zähl“-Ver-
suche an einem Kolkkraben und Vergleichsversuche an Menschen. Z. Tierpsychol. 5, 575—712. •
Ders. (1949): „Zählende Vögel“ und vorsprachliches Denken. Verh. D. Zool. Mainz, 220—238. •
Ders. (1950): Vögel erlernen unbenannte Anzahlen. Proc. XI. Int. Orn. Congr. Uppsala,
283—392. • Ders. (1954 d): Vorbedingungen und Vorstufen unserer Sprache bei Tieren. Verh.
Dt. Zool. Ges. Tübingen, 327—341. • Ders. (1955): „Zählende“ Vögel und vergleichende Ver-

haltensforschung. XI. Int. Orn. Congr. Basel, 588—598. • Ders. (1956): Sprache und unbenanntes Denken. Extrait de volume: L'instinct dans le comportement des animaux et de l'homme. • KOLLER, S. (1943): Graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen. Dresden und Leipzig. • KUEHN, E. (1953): Simultanvergleich gesehener Mengen beim Rhesusaffen. Z. Tierpsychol. **10**, 268—296. • LOEGLER, P. (1958): im Druck in ZfT **16**. • MAROLD, E. (1939): Versuche an Wellensittichen zur Frage des „Zähl“-vermögens. Z. Tierpsychol. **3**, 170—233. • SANDRING, O. (1944): unveröffentlicht. • SATO, M. (1938 a): The sensibility of the barbel of *Upeneus spilurus* Bleeker, with some notes on the schooling. Sci. rep. Tôhoku imp. univ. **4**, ser. **12**, 489—500. • Ders. (1938 b): The rôle of the visual sense organ in aggregation of *Plotosus anguillaris* Lacépède, with special reference to the reaction to mirror. Sci. rep. Tôhoku imp. univ. **4**, ser. 629—638. • SCHIEMANN, K. (1939): Vom Erlernen unbenannter Anzahlen bei Dohlen. Z. Tierpsychol. **3**, 292—347. • STETTER, H. (1929): Untersuchungen über den Gehörsinn der Fische, besonders von *Phoxinus laevis* L. und *Amphiurus nebulosus* Ref. Z. vgl. Physiol. **9**, 339—477. • TACK, E. (1940): Die Elritze (*Phoxinus laevis* AG.) eine monographische Bearbeitung. Arch. Hydrobiol. **37**, 321—425. • WOHLFAHRT, Th. A. (1936 b): Über rhythmisches Gefühl und relative Tonunterscheidung bei Elritzen. Sitzungsber. Ges. Morph. u. Physiol., München.

Lebenslauf

Am 11. Oktober 1925 wurde ich als Älteste von 5 Kindern in Grünberg in Schlesien geboren. Mein Vater ist Maschinen- und Elektro-Diplomingenieur. 1934 übersiedelten wir in die Schweiz, 1936 nach Tirol und 1938 wieder in die Schweiz. Dort lebte ich bis 1939 in einem französischen Internat in Fribourg, bis 1942 in Luzern und Iseltwald am Brienzersee, bis 1950 in Kastanienbaum und Horw im Kanton Luzern und seither in Deutschland immer bei den Eltern.

Im März und April 1951 legte ich vor dem Kultusministerium in München die „Begabtenprüfung“ ab, studierte bis 1954 Biologie, Chemie, Geographie an der Technischen Hochschule, bis 1956 Biologie an der Universität in München und promovierte bei Prof. von Frisch. Meine akademischen Lehrer waren: Für Zoologie: R. Beutler, H. Buchner, M. v. Dehn, K. v. Frisch, W. Jacobs, H. Kahmann, A. Koch, F. P. Möhres, Fr. Zorell. Für Botanik: W. Brauner, F. Gessner, R. Gistel, K. Mägdefrau.

